]دور الجبال في حماية البشر من الزلازل[

] الألفاظ القرآنية الثلاثة لوصف الجبال (أوتاد؛ رواسي؛ تميد) في ضوء العلم الحديث.[

د.أحمد الشامي



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وَأَلۡقَىٰ فِي ٱلۡأَرۡضِ رَوَٰسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمۡ﴾ [النحل: 15]

﴿وَٱلۡجِبَالَ أَوۡتَادٗا ٧﴾ [النبأ: 7]

ملخص المقال:

يثبت هذا المقال دور الجبال في تقليل المساحة المعرضة للزلزال ؛ وأن الجبال وصفت بأن لها امتدادات تحت سطح الأرض ؛ ووصفت هذه الامتدادات بأنها جذور؛ وأن الجبال تطفو فوق صهارة الطبق العليا من الوشاح الأرضي ؛ وأن توازن الجبل يعتمد على قانون الطفو؛ وأن توازن الجبل يؤثر على توازن القشرة الأرضية.

ولفظة (جذور) تساوي (أوتاداً) ؛ والتقليل من مساحة الزلزال يعني أنه يحمي البشر من اهتزازات الأرض (أن تميد بكم) ؛ والطفو يعني (رواسي).

معنى تميد:

«وقوله: (وَأَلْقَى فِي الأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ) يقول: وجعل على ظهر الأرض رواسي، وهي ثوابت الجبال أن تميد بكم أن لا تميد بكم. يقول: أن لا تضطرب بكم، ولا تتحرّك يمنة ولا يسرة، ولكن تستقرّ بكم»[1]

معنى رواسي:

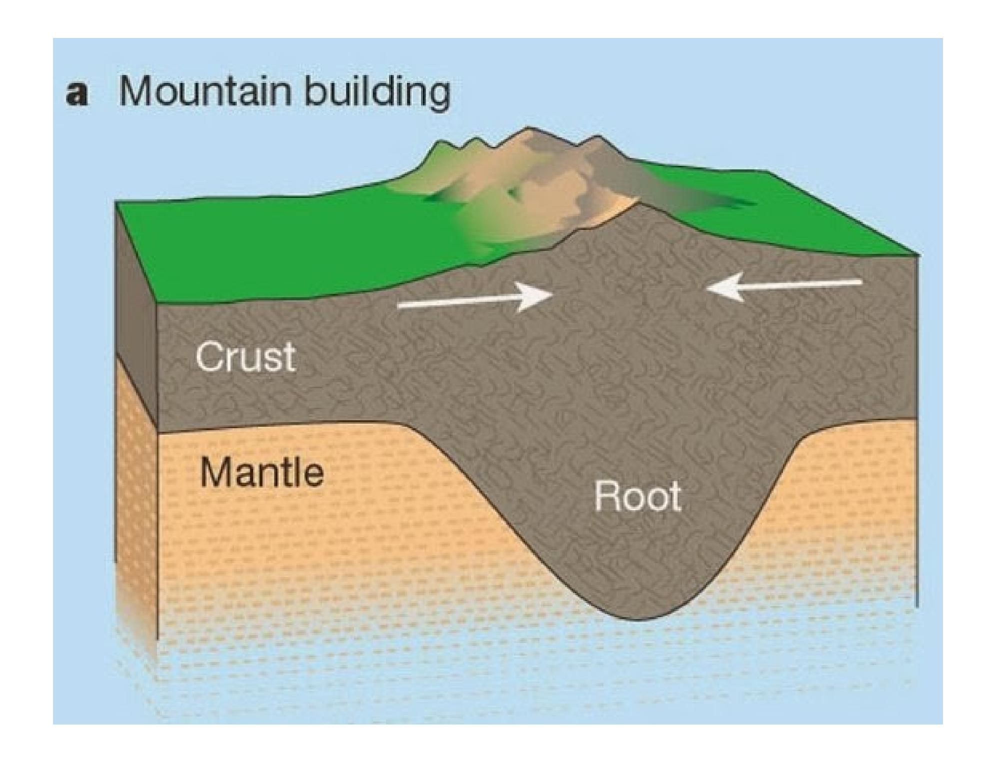
«{رَسَتِ (السَّفينَةُ) } تَرْسُو {رَسْواً} ورُسُوّاً: أَي (وَقَفَتْ على البَحْرِ)»[2]

«ورسا الجبلُ يرسو، إذا ثبت أصله في الأرض. ورست السفينة: انتهت إلى قرار الماء، فبقيت لا تسير. والمِرْساةُ: أَنْجَرٌ يُشَدُّ بالحِبال فيُرْسَلُ في البحر فيُمسِك بالسَّفينةَ ويُرسيها فلا تَسِيرُ. وألقتِ السَّحابةُ مَراسيَها: ثَبَتَتْ في مَوْضعٍ وجادتْ بالمَطَر»[3]

«وِرَسَا الجَبَلُ يَرْسُو: ثَبَتَ أصْلُه في الأرْضِ. وكذلك السَّفِيْنَةُ إذا انْتَهَتْ إلى قَرَارِ الماءِ.والمِرْسَاةُ: الأَنْجَرُ»[4]

1 تفسير الطبري جامع البيان - ط دار التربية والتراث (20/ 133).
2 «تاج العروس من جواهر القاموس» (38/ 150).
3 «العين» (7/ 290).
4 «المحيط في اللغة» (8/ 368).

لفظة (أوتاداً ورواسي)



وصف القرآن للجبال بأنها أوتاد وبأنها رواسي قد دعمته الدراسات العلمية التي وصفت الجبال بأن لها جذور تحت سطح الأرض وبأنها تطفو فوق صهارة الوشاح .

في كتابهم (الأرض) يقول الجيولوجيون بريس وفرانك وريموند:
[إن جبلاً بارتفاع ثلاثة أو أربعة أميال قادرٌ على أن يُكَوِّنَ **جَذْراً** ربما يصل لعمق ثلاثين أو أربعين ميلاً في وشاح الأرض المحيط.]

[A three or four mile-high mountain might project a root structure of continental crust thirty or forty miles deep into the surrounding mantle of the Earth.][5]

وفي كتابه (تشريح الأرض) يقول الجيولوجي أندرو كيلو:

[5] Press, Frank and Raymond Siever. 1982. Earth. 3rd ed. San Francisco: W. H. Freeman and Co. p. 435; Cailleux, Andre. 1968. Anatomy of the Earth. New York: McGraw-Hill Book Company. Translated by J.Moody Stuart. pp. 218-222; Tarbuck, Edward J. and Frederick K. Lutgens. 1982. p. 158.

]هذا العمود الذي يمثله **جَذْرُ الجَبَل** يدعم وزن الجبل البارز من الأعلى خالقاً بذلك **توازناً** أو بمصطلح الجيولوجيين isostasy]

[This shaft of mountain-root serves to support the weight of the overlying mountain, thereby establishing equilibrium or, in the language of the geologist, an isostasy.][6]

يقول تاربوك ولوتجينز:

]إن وجود هذه **الجذور** قد تأكد بالبيانات المتعلقة بالزلازل والجاذبية.]

[The existence of these roots has been confirmed by seismic and gravitational data][7]

ويقول فرانك بيرس ويموند سيلفر:

]تطفو القارات بسبب القشرة كبيرة الحجيم قليلة الكثافة التي تبرز فوق الوشاح الأكثف المتسبب في الطفو كما في الشكل رقم 19.6.
لاحظ أن القشرة أسمك تحت الجبل بسبب الحاجة **لجَذْرٍ** أعمق من أجل **طفو** الجبل بوزنه الثقيل.]

[Continents float because the large volume of less dense continental crust that projects into the denser mantle provides the buoyancy, as shown in Figure 19.6. Note that the crust is thicker under a mountain because a deeper root is needed to float the additional weight of the mountain.][8]

ويقولان:

]**التوازن**(Isostasy) يعني أن يتكون جبلٌ كبيرٌ؛يغوص ببطء بسبب الجاذبية مسبباً انحناء القشرة للأسفل؛ عندما ينغرس(يبرز) **جذرٌ** كافٍ في الوشاح فإن الجبل **يطفو**.]

[...Isostasy also implies that as a large mountain range forms, it slowly sinks under gravity and the crust bends downward. When enough of a root bulges into the mantle, the mountain floats.][9]

ويكملان:

[توازنُ جبالِ الهيملايا يُدْعَمُ **بجَذْرٍ** من القشرة في الوشاح السفلي الأكثرُ كثافةً.]

[The Himalayas are supported isostatically by a crustal root projecting into the denser mantle below.]

ويقول برايان سكيمر وستيفن بروتر:

[6] Cailleux, Andre. 1968. Anatomy of the Earth. New York: McGraw-Hill Book Company. Translated by J.Moody Stuart p.222.
[7] Tarbuck, Edward j. and Frederick K. Lutgens. 1982. Earth Science. 3rd ed. Columbus: Charles E. Merril Publishing Company. p. 157.
[8] Earth, Press and Siever, 2nd Edition, p. 490
[9] Earth, Press and Siever, 2nd Edition, p. 490

] تشبه القشرة أسفل الجبال جبالاً جليدية عالية ولها جذورٌ ضخْمَةٌ أسفلَ الماء؛ يؤكد صحة هذا التشبيه ملف الجاذبية عبر الولايات المتحدة في الشكل رقم c16.18. الانحراف السلبي في الجاذبية يقع حيث تكون القشرة أكثر سُمْكاً.
تظهر هذه الانحرافات بسبب **جُذُورِ الصُّخور** منخفضة الكثافة تحت الجبال.[

[the crust beneath the mountains resembles icebergs with high peaks, but with massive roots below the waterline. The accuracy of this analogy is demonstrated by the gravity profile across the United States, shown in Figure 16.18c. Negative gravity anomalies are observed where the crust is thickest. The anomalies are caused by the roots of low-density rock beneath the mountains.][10]

ويكملان في نفس الصفحة:

]تقف الجبالُ شامخةً ولهذا **جذورٌ** تحتها .[

[... Mountains stand high and have roots beneath.]

ويقول الجيولوجيان جاري سميث و أرورا بون:

]تتنبأ فرضية إيري بأن القشرة أسفل المواضع الأكثر ارتفاعاً هي أعمق. بعبارة أخرى يجب أن تكون للجبال جُذُورٌ في الوضاح...تقدم بيانات الزلازل أن هناك **جذور سميكة** للقشرة تنغرس باتجاه الوشاح تحت الجبال كما توقعها نموذج إيري.[

[Airy’s hypothesis predicts that the base of the crust is deepest beneath areas of highest elevation; in other words, mountains should have roots in the mantle…Seismic data demonstrate the presence of thick roots of crust projecting downward into the mantle beneath mountains as predicted by Airy’s model.][11]

وتقول كريستينا ريد:

]لقد فضّل ويجنر الدمج بين عدة نماذج ؛ فلكي يدعم نظرية الحركة القارية اعتمد على القشـرة المحيطية الرقيقة والكثيفة مع الجبال قليلة الكثافة ذات **الجذور العميقة**.[

[Alfred Wegener favoured a combination of the different models. Wegener relied on a thin, dense ocean crust and less dense mountains with deep roots to support the theory of continental drift.][12]

ويقول كورت ستيواي:

] دراسات الزلازل على عدة أحزمة جبلية أظهرت أن أكثر الأماكن ارتفاعـاً على سـطح(الأرض) يقابلها **جذور كبيرة** في العمق.[

[Seismic studies in many mountain belts show that most regions of high surface elevation are indeed compensated by significant roots at depth][13]

---

[10] Physical Geology, Brian J.Skimmer and Stephen C.Porter, p.469
[11] How Does the Earth Work? Physical Geology and the Process of Science. Second Edition. Pearson. 2010, pp. 306 – 307
[12] Earth Science, Christina Reed, Willian J.Cannom, p.39
[13] Geodynamics of the Lithosphere, Kurt Stuwe, 2nd Edition, Springer, p.164

ويقول تيد نيلد:

]يقول آري بأن تأثير الجاذبيةالخاص بالجبال أقل مما ينبغي لأن لديها جذور... إنها تقف بشموخ لأن لديها **جذور أكبر** بكثير في الأسفل.[

[Mountains, Airy said, exert less gravitational pull than they should do because they have roots.... They stand proud, but only because they have much larger roots below.][14]

ويقول إم جاي سيلبي:

]تتكون الجبال من اصطدام صفائح الغلاف الصخري؛ يؤدي ارتفاع سطح الأرض لزيادة سمك القشرة ، وطفو هذه **الجذور القشرية** يعتقد أنها تدعم تضاريس الجبال. بمجرد توقف تكون القشرة فإن التآكل المستمر سيؤدي إلى تآكل التضاريس السطحية, هنا سأقدم توضيحات بشأن استجابة **جذور القشرة** لعملية التآكل المستمر ذات الأمد الطويل.

في الأحزمة الجبلية القديمة سنجد أن النسبة بين تآكل سطح الأرض وسمك الجذر ضئيلة مقارنة بالجبال الحديثة.

أفضل تفسير للأمر هو في ضوء بيانات الجاذبية وهو أن **طفو الجذر** يقل مع الزمن بداية من آخر عملية بناء تمت لكتلة الجبل والتي تتم عن طريق التبريد طويل المدى(للحمم والصهارة).

يدل التوازن التقريبي الحاصل بين الجبل وكلتة **الجذر** على بقاء الغلاف الصخري القاري رقيقاً بالشكل الذي سمح ببروز **الجذور** كرد فعل لتآكل سطح الأرض عبر ملايين السنين.[

[When mountains form through the collision of lithospheric plates, uplift of the Earth's surface is accompanied by thickening of the crust, and the buoyancy of these deep crustal roots (relative to the surrounding mantle) is thought to contribute to the support of mountain topography. Once active tectonism ceases, continuing erosion will progressively wear away surface relief. Here I provide new constraints on how crustal roots respond to erosional unloading over very long timescales. In old collisional mountain belts, ratios of surface relief to the thickness of the underlying crustal root are observed to be smaller than in young mountains. On the basis of gravity data, this trend is best explained by a decrease in the buoyancy of the crustal root with greater age since the most recent mountain-building episode—which is consistent with metamorphic reactions 1, 2 produced by long-term cooling. An approximate balance between mountain and root mass anomalies suggests that the continental lithosphere remains weak enough to permit exhumation of crustal roots in response to surface erosion

---

[14] Mountain Roots https://www.geolsoc.org.uk/Education-and-Careers/Ask-a-Geologist/Continents-Supercontinents-and-the-Earths-Crust/Mountain-Roots

for hundreds of millions of years. The amount of such uplift, however, appears to be significantly reduced by progressive loss of root buoyancy. Processes such as lithospheric delamination and rifting may strip away the crustal roots of some collisional mountain regions, but substantial crustal roots have survived in many mountain belts over hundreds of millions to billions of years. Unless the lithosphere is mechanically very rigid, post-tectonic erosion of mass from the surface should be accompanied by some uplift of a buoyant crustal root and inflow of mantle.][15]

ويقول والتر بوتشر:

]هذا يدل بالفعل على وجود **جذر للجبل**..حيث تقدم دراسات الزلازل دليلاً حاسماً...لجبال الألب **جذر جرانيتي**.[

[This indeed suggests the existence of a mountain "root." Seismic studies provide a clinching proof....the Alps do have a granitic root.][16]

ويقول ديفيد جيمس:

]تبني الحزم الجبلية النشيطة **جذوراً** من القشرة والتي توازن من ناحية الجاذبية الارتفاع الشاهق.[

[Active mountain belts have crustal 'roots' that gravitationally balance the high topography.][17]

الجبال تقلل من مساحة انتشار الزلزال

تقوم الجبال بامتصاص الزلازل المتجهة نحو الأودية وتحولها باتجاه أطراف الأودية؛ وهذا يقلل المساحة المهتزة؛ فيحمي عدد أكبر من البشر من مخاطر الزلازل؛ خصوصاً والأودية من أكثر الأمكان سكنى من البشر.

في دراسة مهمة أجراها فرق بحثي برئاسة دكتور Mark van der Meijde أستاذ قسم تحليل الأرض، كلية علم المعلومات الجغرافية ورصد الأرض بجامعة توينتي بإنشيده بهولندا سنة

[15] Waning buoyancy in the crustal roots of old mountains,by Karen M. Fischer(2002).
[16] The Crust of the Earth, Walter H.Bucher, p. 35
[17] Earth Science: How old roots lose their bounce ,by David E. James, (2002)Nature 417(6892):911-3

2019م بعنوان (تأثيرُ تضاريس سطح الأرض على إضـعاف اهـتزاز الأرض في وادي كتمانـدو في زلزال جروكا 2015في نيبال)؛ يقول:

]يظل عسِراً سؤال "لماذا كان الزلـزال في كاتمانـدو بالـذات ضـعيفاً في 25 أبريـل 2015م في حين كان بقوة 7.8 ريختر في جروكا بنيبال؛ أظهرت المحاكاة الطيفية لدينا أنه أثناء الزلـزلال أن **تضاريس السطح قيدت انتشار الطاقة الزلزالية في الوادي**.

لقــد **حــولت الجبــال الموجــة الزلزاليــة الداخلــة نحــو حــواف الــوادي شــرقاً وغرباً**...**بالنظر لزلازل بنفس القوة في أماكن مختلفة كان المتوقع أن يؤثر على كاتماندو بشكل أعنف بمقدار ضـعفين أو ثلاثـة اضـعاف مـا حصـل في 2015 في زلزال جروكا. هذا يبين أن تضاريس السطح تساهم في تقليل الاهـتزاز الزلـزالي في الوادي**.[

[It remains elusive why there was only weak and limited ground shaking in Kathmandu
valley during the 25 April 2015 Mw 7.8 Gorkha, Nepal, earthquake. Our spectral element numerical simulations show that, during this earthquake, surface topography restricted the propagation of seismic energy into the valley. The mountains diverted the incoming seismic wave mostly to the eastern and western margins of the valley... Modeling of alternative earthquake scenarios of the same magnitude occurring at different locations shows that these will affect the Kathmandu valley much more strongly, up to 2–3 times more, than the 2015 Gorkha earthquake did. This indicates that surface topography contributed to the reduced seismic shaking for this specific earthquake and lessened the earthquake impact within the valley.][18]

وفي دراسة أخرى أجراها شيان لونج لي الباحث بمعهد علوم الأرض بأكاديمية سينيكا بتايوان والعالم الجيوفيزيائي ديمتري كوماتيتش مع آخرين سنة (2009م) بعنوان (تأثيرات التضاريس الأرضية على تقدم الموجة الزلزالية):

]تؤثر التضاريس على حركة الأرض (أثناء الزلزال)؛ وبشكل عام؛ تزيد من درجة الاهتزاز في قمة الجبال والتلال وتقلل من اهتزاز الأرض في الأودية، حيث لوحظ ذلك من بيانات مسجلة خلال زلازل حقيقية وتجارب محاكاة رقيمة.[

[Topography influences ground motion and, in general, increases the amplitude of shaking at mountain tops and ridges, whereas valleys have

[18] The Influence of Surface Topography on theWeak Ground Shaking in Kathmandu Valley during the 2015 Gorkha Earthquake, Nepal,by Mark van der Meijde , Md Ashrafuzzaman , Norman Kerle , Saad Khan and Harald van derWerff,abstract.

reduced ground motions, as is observed from data recorded during and after real earthquakes and from numerical simulations.][19]

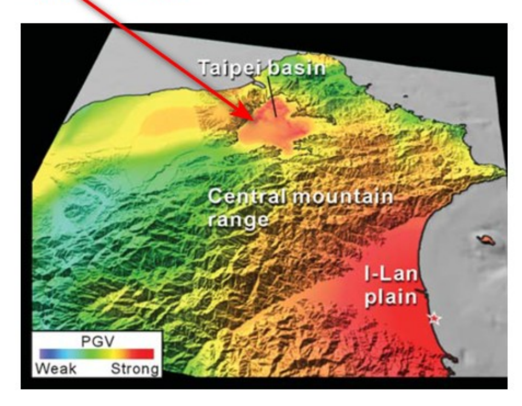
ويقولون في المقدمة:

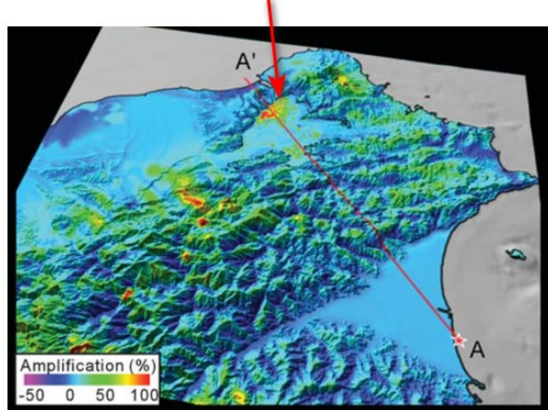
]من المعروف منذ وقت طويل أن التضاريس عادة ما تسبب زيادة الاهتزاز في قمم الجبال والتلال بينما تقلل اهتزاز الأودية كما لوحظ في زلازل قديمة(Hartzell et al., 1994; Spudich et al., 1996).[

[It has long been known that

عند إزالة عامل الجبال أصبح تأثير الزلزال على حوض تايبيه شديد؛ انظر اللون الأحمر

مع وجود عامل الجبال أصبح تأثير الزلزال على حوض تايبيه بالكامل ضعيف





topography usually increases the amplitude of shaking at mountain tops and ridges, whereas valleys exhibit reduced ground motion, as is observed from records of past earthquakes (Hartzell et al., 1994; Spudich et al., 1996).]

في الصورة التالية سنلاحظ أن تأثير الزلزال على كامل حوض تايبيه قد انخفض بشدة عند اخذ عامل الجبال في الحسبان والعكس صحيح

[19] Effects of Topography on Seismic-Wave Propagation:An Example from Northern Taiwan by Shiann-Jong Lee, Dimitri Komatitsch, Bor-Shouh Huang, and Jeroen Tromp, Abstract.

يعلق الباحثون على الشكل الأزرق (انظر الصورة التالية) 2c قائلين :
[يوضح الشكل 2c أن سرعة حركة الأرض تزداد في قمة الجبل والتلال بينما تقل في الوديان...لاحظ لي وآخرون (2008؛ 2009) تلك الظاهرة أيضاً.]

[Figure 2c illustrates that the PGV is increased at mountain tops and ridges, whereas valleys usually have a decreased PGV, that is, a negative PGV amplification factor. This phenomenon is also addressed by Lee et al. (2008, 2009).][20]

[20] Effects of Topography on Seismic-Wave Propagation:An Example from Northern Taiwan by Shiann-Jong Lee, Dimitri Komatitsch, Bor-Shouh Huang, and Jeroen Tromp,pg317.

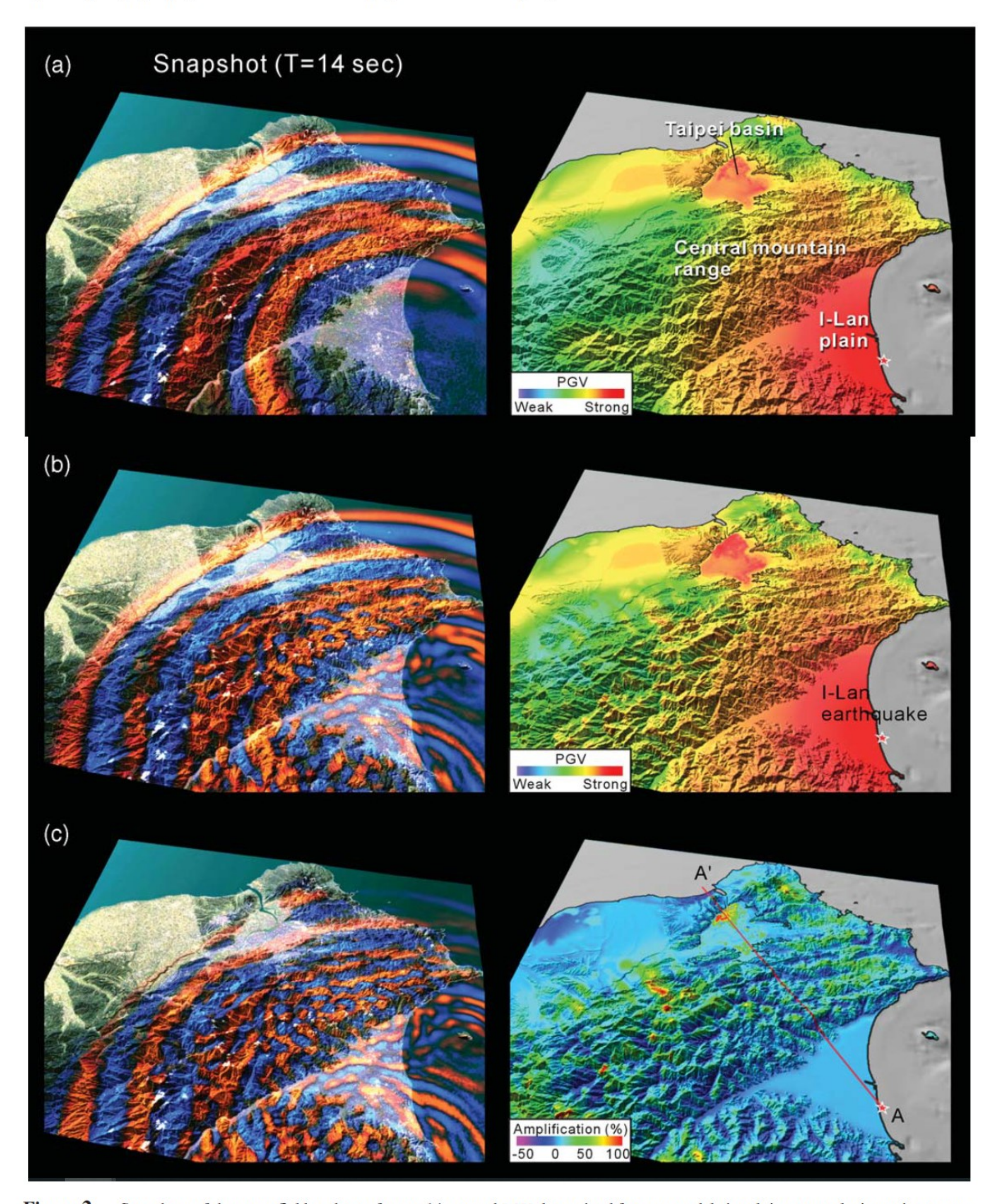


Figure 2. Snapshots of the wave field at the surface at 14 sec and PGV determined for two models involving an explosive point source. (a) 3D wave-speed model with a basin but without topography; (b) 3D wave-speed model with both topography and the Taipei basin. (c) Residual wave field and PGV amplification determined for models (a) and (b). The PGV amplification factor is obtained by subtracting the PGV value for the model without topography from the value for the model with topography, dividing the result by the PGV value for the model without topography, and multiplying the result by 100 to obtain a percentage.

العلاقة بين اتزان القشرة الأرضية و الجبال وقانون الطفو (الرسو)

اضطراب الجبال يؤدي لحدوث زلازل قوية, لذا فاستقرار الجبال ضروري لاستقرار القشرة , والجبال تحافظ على استقرارها اعتماداً على قانون الطفو, فأي زيادة أو نقص في وزن الجبل او القشرة المجاورة له يترتب عليها نزول الجبل إلى أسفل في الصهارة أو ارتفاعه لأعلى تماما كما لو وضعت صندوقاً بلاستيكياً في الماء فزيادة وتخفيف الأوزان عليه تقلل وتزيد من نزوله أو صعوده في الماء.

عبر القرآن الكريم عن الطفو ب (الرسو) حيث دائماً ما يقول القرآن (رواسي) عن الجبال؛ وربطها بحماية الأرض من الاضطراب بقوله (رواسي أن تميد بكم) فربط بين الجبال والرسو والاتزان.

يقول ستيفين إريل:

[يشير **الاتزان** Isostasy إلى الطريقة التي **يطفو** بها الصلب فوق السائل.]

[Isostasy refers to the way a solid will float on a fluid.][21]

وفي مقال لأمروتا باتل :

[نظرية التوازن هي مبدأ رئيسي في شرح **حالة الطفو** للغلاف الصخري الذي يطفو على طبقة سائلة (الجزء العلوي من الوشاح).

يشبه الأمر الشئ الطافي على الماء؛ حيث يعتمد الطفو على حجم وكتلة الماء المزاح.تطفو قشرة الأرض على اارتفاع معين معتمدٍ على السمك والكثافة بشكل يبقيها في حالة توازن.

الأماكن الأسمك وذات الجبال الأكثر من القشرة الأرضية ستغوص أعمق في المائع في الجزء العلوي من وشاح الأرض.عند عمق معين يعرف ب"**عمق الاتزان**" يكون الضغط المبذول بواسطة عمود الصخر (**الجذر**) متساوي في كل مكان (من المائع) بغض النظر عن تضاريس السطح. عند إضافة او إزالة أي ثقل على القشرة الأرضية بسبب مثلاً التآكل أو الترسيب أو تآكل الجليد أو تراكمه فإن القشرة تقوم بموازنة نفسها لأعلى أو لأسفل حتى يتحقق التوازن؛ وتسمى هذه العملية **بتعديل التوازن** isostatic adjustment...عندما يقع التآكل في كتلة الجبل مع الزمن ترتفع القشرة السفلى (الجذر) لإحداث الاتزان.

[The theory of isostasy is a fundamental principle that explains the buoyant behavior of the Earth's lithosphere as it floats upon the more fluid asthenosphere (a part of the upper mantle) below.

The concept is similar to how objects float in water, with buoyancy being determined by the mass and volume of the displaced fluid.

The Earth's crust (or lithosphere) is in gravitational equilibrium and "floats" at a certain elevation depending on its thickness and density.

---

[21] Physical Geology ,INTRODUCTION TO OCEANOGRAPHY, 3.2 Structure of Earth Portions modified from "Physical Geology" by Steven Earle.

Areas of the Earth's crust that are thicker and more mountainous will extend deeper into the more fluid asthenosphere below.
Below a certain depth, known as the "compensation depth" or "isostatic depth", the pressure exerted by the overlying rock column is consistent everywhere, regardless of the surface topography.
When weight is added or removed from the crust, such as through erosion, deposition, or glacial ice accumulation/melting, the crust adjusts either upward or downward in response until equilibrium is reached again. This process is termed isostatic adjustment or isostatic rebound…When erosion takes down a mountain's mass over time, the crust beneath rises in reaction, maintaining isostatic balance.][22]

ويقول هاري فيلدنج:
[إذا أزيلت كمية كبيرة من المادة من أرض مرتفعة وترسبت في المحيط فسيقل الوزن تحت الجبال وسيزيد تحت المحيط كما أوضح الميجور داتون مؤدياً لتدفق معاكس تحت الأرض من أجل استعدة التواز تحت الأجسام. إذا انحنى وضُغِطَ جزء من القشرة الأرضية كنتيجة لممارسة ضغط مماس له وبزيادة المادة الموجودة على ذلك السطح فإن الوزن المضاف سيؤدي إلى غوص المنطقة وستتدفق المادة من أسفل لتقليل كتلة المادة التي على السطح لمعادلة قيمتها...]

[If by erosional transportation a large quantity of material is removed from a high land and deposited in the oceans, then the increase of weight under the ocean and the decrease under the mountains will, as Major Dutton explained, set up a subterranean counter flow, which will restore the equality of material in the segments. If by the exercise of tangential forces a portion of the earth's crust is compressed and folded and the quantity of material in the segment thus increased, the added weight will cause a slow sinking of the region and material will flow out from below and reduce the mass of the segment to its proper value][23]

[22] Amruta Patil, Theory of Isostasy - Geography Notes, Oct 4, 2023.
[23] Isostasy and Mountain Ranges Author(s): Harry Fielding Reid Source: Proceedings of the American Philosophical Society, Jul. - Aug., 1911, Vol. 50, No. 200 (Jul. - Aug., 1911), pg449.

وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين

د.أحمد الشامي

https://www.facebook.com/shamyshamy3040?locale=ar_AR
https://t.me/Ahmed_elshamy1